

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ПРИЙМАК ЛЮДМИЛА БОРИСІВНА**



УДК 629.083

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР ЕНЕРГЕТИЧНИХ  
УСТАНОВОК АВІАЦІЙНОЇ НАЗЕМНОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ  
МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЗМАЩЕННЯ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ 2016

**Дисертацією є рукопис.**

Роботу виконано на кафедрі технологій аеропортів Національного авіаційного університету Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник**

кандидат технічних наук, доцент  
**Салімов Ринат Мартинович**,  
в.о. ректора Київського державного інституту декоративно-прикладного мистецтва і дизайну ім. М. Бойчука.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
Посвятенко Едуард Карпович,  
професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство» Національного транспортного університету.

кандидат технічних наук, доцент  
Воронін Сергій Володимирович,  
завідувач кафедри «Будівельні, шляхові і вантажно-розвантажувальні машини» Українського державного університету залізничного транспорту.

Захист відбудеться « 17 » березня 2016 р. о 15<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.062.03 при Національному авіаційному університеті за адресою: 03058, м. Київ, просп. Комарова, 1.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03058, м. Київ, просп. Комарова, 1.

Автореферат розіслано « 10 » лютого 2016 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



С.В. Павлова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Енергетична установка (ЕУ) є важливою частиною авіаційної наземної техніки (АНТ), завдяки якій забезпечується робота всіх основних функцій АНТ, тому її технічний стан впливає не тільки на експлуатаційну надійність авіаційної наземної техніки, але й безпосередньо пов'язаний з питанням забезпечення безпеки польотів.

Значна частина позапланових зупинок АНТ спричиняється виходом з ладу елементів системи змащення ЕУ АНТ, які становлять понад 20 % від загальної кількості відмов, зокрема відмовами нагнітального насоса, підшипників кочення, відкачувальних насосів. Через наднормативний знос пар «поршень-циліндр» при напрацюванні близько 4000 мотогодин до 70 % з них підлягає заміні. З урахуванням позапланових простоїв АНТ, річні збитки хендлінгових компаній становлять сотні тисяч гривень.

Проблемі підвищення рівня експлуатаційної надійності прецизійних пар присвячено значну кількість спеціальних досліджень. Більшість з них присвячено зниженню інтенсивності зношування робочих поверхонь, застосуванню різноманітних комплексів антифрикційних присадок та модифікації оливи впливом різних фізичних полів. Ці дослідження дали змогу частково вивчити вказану проблему, проте значна її частина ще потребує вирішення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота відповідає тематиці Транспортної стратегії України на період до 2020 р., Концепції державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2020 р. Постанові Кабінету Міністрів України № 243 від 01.03.2010р. Робота виконувалася згідно з планом наукових досліджень Національного авіаційного університету за темами: «Управління та підвищення ресурсу авіаційної наземної техніки» НДР №38/07.02.06, Національний авіаційний університет, кафедра технологій аеропортів; «Розробка технологій формування поверхневих шарів деталей авіаційної техніки та дослідження їх триботехнічних характеристик» №718ДБ-11, Національний авіаційний університет, кафедра технологій виробництва та відновлення авіаційної техніки.

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи є вирішення науково-прикладного завдання створення методів та засобів управління ресурсом ЕУ АНТ.

Для досягнення цієї мети передбачено вирішення таких **завдань**:

– провести аналіз існуючих методів управління ресурсом ЕУ АНТ та визначити основні фактори, які істотно впливають на її надійність в умовах експлуатації в аеропорту;

– установити закономірність розподілу навантажень та особливості мастильного режиму на робочих поверхнях прецизійних пар, що використовуються в ЕУ АНТ залежно від умов їх експлуатації;

– дослідити закономірність зміни експлуатаційних властивостей олив, що використовуються у сучасних ЕУ АНТ;

– установити залежність зміни напрацювання до граничного стану прецизійної пари «поршень-циліндр» нагнітального насоса системи змащення ЕУ АНТ від технології оброблення оливи магнітним полем (МП);

– обґрунтувати технологію модернізації системи змащення ЕУ АНТ з метою управління її ресурсом та підвищення економічності витрачання олив.

**Об'єкт дослідження:** процес впливу основних експлуатаційних факторів на показники роботи системи змащення ЕУ АНТ.

**Предмет дослідження:** ресурс прецизійних пар системи змащення ЕУ АНТ.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження ґрунтуються на методи аналізу та узагальнення результатів досліджень, присвячених ресурсу авіаційної наземної техніки; у розрахунках застосовано методи класичної фізики, механіки, триботехніки, теорії ймовірностей.

Під час проведення експериментальних досліджень використано методи планування експерименту, інструментального контролю, діагностичних перевірок, математичної статистики.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання створення та удосконалення методів та засобів управління ресурсом ЕУ АНТ шляхом визначення характеру зміни експлуатаційних характеристик олив під впливом постійного МП різної конфігурації.

Уперше:

– розроблено метод визначення характеристик процесу зміни експлуатаційних властивостей олив, що використовуються у системі змащення ЕУ АНТ, що дає можливість прогнозувати технічний стан робочих поверхонь;

– розроблено метод визначення залежності зміни технічного стану прецизійних пар «поршень-циліндр» нагнітального насоса системи змащення ЕУ АНТ від часу її напрацювання та параметрів магнітного оброблення оливи, що дозволяє підвищити ресурс агрегату.

Дістали подальшого розвитку:

– експериментальні дослідження впливу МП на експлуатаційні властивості олив, що дозволило перевірити ефективність розроблених методів модернізації системи змащення ЕУ АНТ.

**Практичне значення отриманих результатів.** У результаті практичних досліджень методів:

– розроблено та впроваджено спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідиннофазних вуглецевих матеріалів у МП та дослідження робочих поверхонь тертя в постійному рівномірному та нерівномірному МП (пат. № 36600, пат. № 81368, пат. № 70877 Україна);

– розроблено спосіб управління ресурсом прецизійних пар шляхом обробки робочої рідини постійним МП (пат. № 70878 Україна);

– результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету під час вивчення навчальної дисципліни «Експлуатація авіаційної наземної техніки та технологічного обладнання аеропорту» та у виробництво ВАТ «ТЕМП» (м. Хмельницький).

**Особистий внесок здобувача.** Основні наукові положення і результати дисертаційної роботи отримано автором самостійно. Постановка завдань та обговорення результатів виконані сумісно з науковим керівником. Без співавторів опубліковано роботи [9, 24], у яких автором визначено вплив МП на експлуатаційні характеристики вузлів тертя, механізм структуроутворення, мастильний матеріал, інтенсивність зношування робочих поверхонь та досліджено вплив МП на їх властивості. Основний внесок здобувача в роботах написаних у співавторстві полягає в наступному: [15] – визначення змін робочих поверхонь; [14] – дослідження топографії та перетворення робочих поверхонь під впливом МП без змащування; автором встановлено експлуатаційні характеристики сталей в оливах оброблених МП [3, 5, 10, 13] та досліджено інтенсивність зношування робочих поверхонь в оливах, оброблених МП [6, 7, 26, 12]; визначено енергетичні аспекти стабілізації стану трибосистем [25, 11]; досліджено, що зниження інтенсивності зношування робочих поверхонь досягається за рахунок прогнозованості стану оливи та змін на поверхні під дією МП [16-18, 21]; здобувачем проведено візуальні дослідження впливу МП щодо зміни енергетичного заряду оливи [2, 19, 20]; автором з'ясовано, що спрямованою дією МП на оливу та наявні у її складі модифікатори можливо знижувати інтенсивність зношування робочих поверхонь [1, 4, 8, 22, 23].

**Апробація результатів дисертації.** Результати наукових досліджень, що включені до роботи, доповідались та обговорювались на наукових конференціях: «Політ. Сучасні проблеми науки» (м. Київ, НАУ, 2008, 2009, 2012 pp.); Міжнародних науково-технічних конференціях «Авіа» (м. Київ, НАУ, 2011, 2013 pp.); IV Всесвітньому конгресі «The Fourth World Congress «Aviation in the XXI-st Century» – «Safety in Aviation and Space Technology» (м. Київ, НАУ, 2010 p.), «IV Letnia szkola inżynierii powierzchni» (м. Польща, 2010 p.), «Проблеми хімотології»: IV Міжнародній науково-технічній конференції (м. Київ, 2012 p.); Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми машинознавства» (м. Київ, НАУ, 2013 p.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи викладено у 20 наукових працях, з них 2 статті у зарубіжних виданнях, 2 статті в журналах, що входять до міжнародних науково-метричних баз даних, 11 статей

у провідних фахових наукових виданнях України, 5 патентів України на корисну модель. Крім того, додаткове відображення наукових результатів дисертації містять 6 тез на міжнародних наукових конференціях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації становить 120 сторінок, у тому числі 61 рисунок, 13 таблиць. Список використаних джерел нараховує 102 найменування на 10 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обгрунтовано актуальність дослідження, сформульовано мету та завдання дослідження, викладено наукову новизну і практичну цінність, надано загальну характеристику роботи.

**Перший розділ** присвячено аналізу експлуатаційної надійності та ресурсу прецизійних пар як вузлів, що суттєво впливають на надійність ЕУ АНТ та на безпеку процесу обслуговування повітряних суден взагалі.

На тепер номенклатура АНТ досить широка. Це аеродромні тягачі, тягачі багажні, спецмашини для заправлення повітряних суден питною водою, спецмашини для обробки туалетних відсіків повітряних суден, автоліфти бортхарчування, амбулаторні ліфти, контейнерні завантажувачі, паливозаправники, автовишки та ряд інших машин без яких неможливо на сьогодні забезпечити своєчасний виліт повітряних суден.

Спецмашини, що використовуються в аеропорту, обладнані однією або декількома ЕУ, що забезпечують як пересування АНТ по аеродрому, так і роботу спецобладнання, що встановлюється на них.

ЕУ АНТ в якості джерел енергії використовують в основному як двигуни внутрішнього згорання та газотурбінні двигуни з вільною турбіною. Енергія від цих двигунів до виконавчих механізмів і пристроїв передається або в якості механічної енергії, або перетворюється в енергію тиску спецрідин. При цьому спецрідини використовуються не тільки як робоче тіло у виконавчих механізмах АНТ, але й як рідини для змащення та охолодження в різних вузлах тертя, значна кількість з яких є прецизійними парами. В якості гідравлічних насосів, як в системі змащення двигуна, так і в робочій системі АНТ, найбільше поширення в сучасній АНТ отримали різного типу радіально-поршневі та аксіально-поршневі насоси.

Аналіз причин виникнення відмов і несправностей АНТ, зареєстрованих за останнє десятиліття показує, що дві третини з них зумовлені відмовами і несправностями ЕУ АНТ. На частку систем змащення припадає до 24 % усіх відмов та несправностей ЕУ АНТ. Майже 14 % припадає на гідро- та маслонасоси. Тому в роботі основну увагу приділено вивченню можливостей підвищення ресурсу саме насосів, що встановлені у системах змащення ЕУ АНТ, які в більшості є аксіально-поршневими. Дослі-

дженнями саме цих насосів зумовлено побудову моделі визначення ресурсу пари тертя і типи олив та матеріалів, що досліджувались.

Побудована математична модель експлуатації ЕУ АНТ дала можливість визначити, що для збільшення періодичного контролю технічного стану ЕУ АНТ, відповідно зменшення витрат на їх технічне обслуговування, параметр потоку відмов і пошкоджень повинен не перевищувати  $10^{-4} \text{ г}^{-1}$ , що значно менше ніж те, що зараз спостерігається в експлуатації.

Вирішення цієї науково-технічної задачі зазвичай вирішується шляхом модернізації агрегатів та вузлів, які мають найбільший потік відмов в експлуатації. Таке рішення для сучасної АНТ, що використовується в аеропортах України застосувати не можна, так як вона іноземного виробництва, а за умовами контракту на її технічний супровід в експлуатації: встановлення агрегатів та вузлів з внесеними в них, без узгодження з виробником, змін неприпустимо.

Тому, відштовхуючись від результатів досліджень проведених вченими: І.В. Крагельський, Б.І. Костецький, О.Ф. Аксьонов, М.В. Райко, В.Д. Кузнецов, А.С. Ахматов, Ю.С. Термінасов, Н.А. Буше, І.А. Кравець, В.В. Запорожець, Є.С. Венцель та базуючись на гіпотезі, що під впливом постійного МП відбувається модифікація фізичної структури олив, що використовуються у ЕУ АНТ, було сформульовано мету і завдання власних досліджень.

У **другому розділі** проаналізовано методи існуючих досліджень, обґрунтовується напрям дисертаційного дослідження та викладається загальна методика його проведення. Для теоретичних досліджень застосовуються загальнонаукові методи, які ґрунтуються на математичному моделюванні експерименту. Матеріали теоретичних досліджень пов'язуються з результатами випробувань експериментальної моделі зношування аксіально-поршневих насосів.

За результатами аналізу ступеня впливу різних факторів на інтенсивність зношування поверхонь тертя у аксіально-поршневих насосах виділено найбільш впливові, які зведено до трьох груп:

$$I = f(\Phi_H; \Phi_Y; \Phi_T),$$

де  $\Phi_H$  – фактори, що залежать від зовнішніх навантажень на поверхні тертя;  $\Phi_Y$  – фактори, що встановлюють зв'язок виду режиму змащення з характером взаємодії поверхонь тертя;  $\Phi_T$  – фактори, що враховують властивості матеріалів робочих поверхонь. Таким чином, можна стверджувати, що ресурс аксіально-поршневих насосів це час роботи ЕУ АНТ, упродовж якого пари тертя в аксіально-поршневих насосах здатні функціонувати до моменту досягнення ними граничної величини лінійного зносу.

Під час експлуатації аксіально-поршневих насосів зазор у парі тертя «поршень-циліндр» збільшується від монтажною величини –  $\Delta_m = 20 \dots 30 \text{ мкм}$ , до граничної –  $\Delta_{гр} = 190 \text{ мкм}$ . Поле лінійного зносу  $U$

складається із суми  $n$  однакових елементарних ділянок  $\partial U$  і залежно від монтажного зазору становить 145...160 мкм. Таким чином, ресурс можна визначити за формулою:

$$R = \partial U \left( \frac{1}{\gamma_1} + \frac{1}{\gamma_2} + \dots + \frac{1}{\gamma_n} \right) \cdot v^{-1} = \sum_{i=1}^n \partial R_i,$$

де  $\partial U$  – величина елементарного зносу;  $v$  – швидкість тертя;  $\gamma_i$  – інтенсивність зношування на  $i$ -й ділянці лінійного зносу  $\partial U$ ;  $\partial R_i$  – елементарний відрізок ресурсу, що відповідає  $i$ -й ділянці лінійного зносу.

Фактична поточна величина інтенсивності зношування на кожній з ділянок зносу  $\partial U$  має змінюватися під впливом комплексу факторів, тобто:

$$\gamma_i = \gamma_{6i} \cdot k_{Ti} \cdot k_E,$$

де  $\gamma_6$  – базова інтенсивність зношування;  $k_{Ti}$  – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалів поверхонь тертя;  $k_E$  – коефіцієнт, що враховує вплив зовнішніх силових полів.

Визначення саме цих коефіцієнтів і дозволяє зробити висновки про зміну ресурсу під впливом конкретних факторів, зокрема МП та присадок з різною спорідненістю з МП.

З метою дотримання адекватності моделі та природи розв'язано рівняння подібності за умови:

$$f_m = f_n; \theta_m = \theta_n,$$

де  $f_m, f_n$  – коефіцієнти тертя поверхонь моделі та природи;  $\theta_m, \theta_n$  – температура тертя поверхонь моделі та природи.

Для визначення зміни енергетичних параметрів оливи в МП було розроблено пристрій для оцінки енергоінформаційного стану рідиннофазних вуглецевих матеріалів. Цей пристрій дозволяє контролювати величину енергетичного заряду оливи в МП зміною її кольору при проходженні променя білого світла через шар оливи перпендикулярно до магнітних ліній.

Для спостереження та візуального контролю параметрів утворення захисної плівки (товщини, площі та топографії) у режимі тертя розроблено пристрій, який дозволяє за допомогою мікроскопа проводити моніторинг робочого процесу, з метою вивчення зміни топографії поверхні під дією МП на робоче середовище в динамічному режимі та оцінити кількісні і якісні параметри утворених поверхневих плівок у робочій зоні.

Для створення впливу МП на оливу у спроектованому пристрої використано постійні магніти, які вмонтовано один напроти одного під площиною контртіла і над нею так, щоб їх силові лінії були напрямлені крізь об'єм робочого середовища і розміщувалися якнайдалі від робочої поверхні. Установлення магнітів змінювалось в процесі напрацювання робочої пари залежно від вимог і завдань експерименту (рис.1).



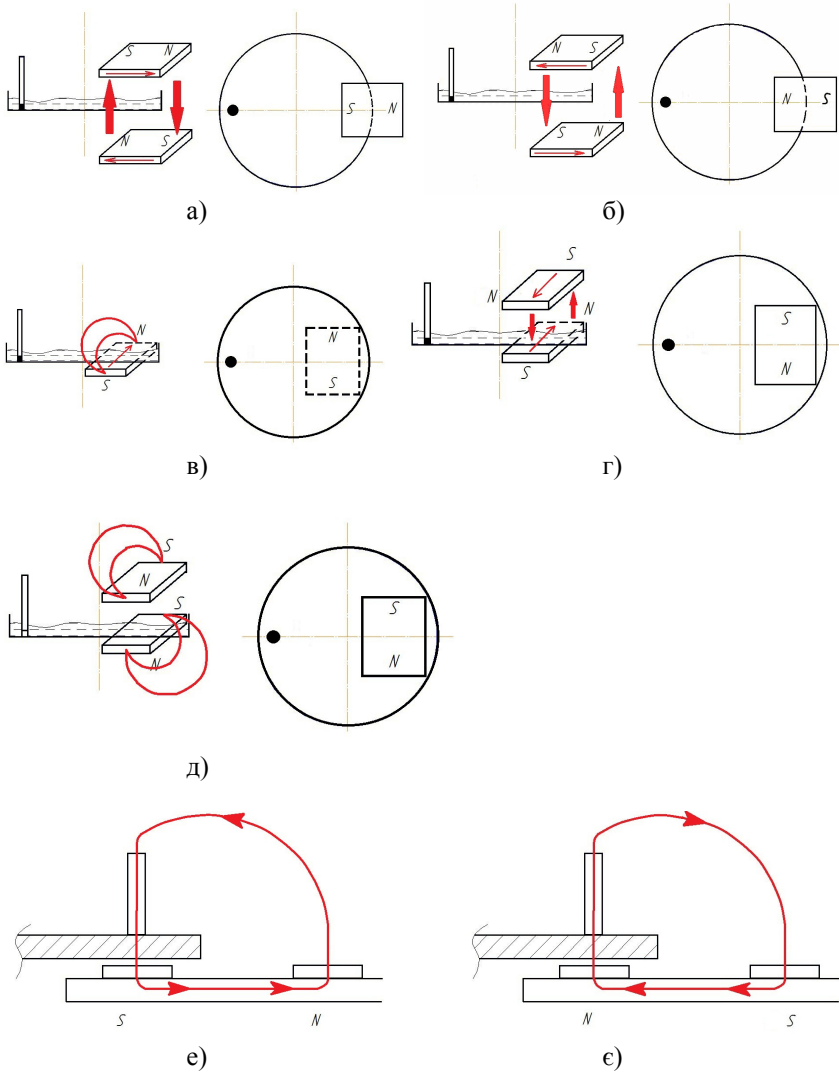


Рисунок 1. – Схеми розташування МП відносно змащувального середовища та робочої поверхні

Проведені дослідження з використанням запропонованого методу довели, що існує можливість зниження інтенсивності зношування за раху-

нок активування і напрямлення енергетичного балансу в оливі під впливом дії магнітних силових ліній.

Як показали розрахунки, відсоткова частка енергії МП в оливу складає 11,0...11,8 %. При цьому змінюється і температура оливи; максимальне значення 24,76 °С при дії МП N/S напрямку, при цьому енергетичний заряд підвищується на 0,38 еВ до зеленого кольору. За умов розміщення оливи між полюсами S – N температура становить 23,59 °С. Така олива має оранжевий колір з енергією 1,98 еВ. При S/N напрямку впливу МП температура оливи вища ніж при S – N напрямку, але нижча ніж при N/S, а саме 24,13 °С, відповідно енергія підвищується на 0,21 еВ. Олива після просвічування набуває зеленого кольору, але він не такий насичений як у випадку N/S напрямку.

Результати досліджень кінетики розтікання відпрацьованої М10Г2к показали, що під дією МП вона сягає до 9,5 мм2/хв. на N полюсі, 8,0 мм2/хв. на полюсі S тоді як без дії МП – 6 мм2/хв. Під впливом МП змінюється величину енергетичного заряду оливи М10Г2к, унаслідок чого олива набуває зеленого кольору, що відображається в набутті оливою зеленого кольору і характеризується енергією 2,19...2,48 еВ та діапазоном частот 530...600 ТГц, а також втратами на розсіювання.

Важливою характеристикою оливи є крайовий кут змочування. Дослідження цього параметра під впливом МП на оливу проведено згідно з ДСТУ 7934.2-74. Отриманні результати свідчать про те, що оптимізація крайового кута змочування спостерігається як у невідпрацьованій оливі М10Г2к (13° на полюсі S та 6° N, тоді як без дії МП – 18°), так і у відпрацьованій (9° на полюсі S; 2,5° на полюсі N та 13° без дії МП).

Таким чином, можна стверджувати, що комплекс набутих експлуатаційних параметрів оливи при дії МП (кінетика її розтікання, крайовий кут змочування) змінює рівень зношування шляхом поліпшення протизносних властивостей оливи та зниження інтенсивності зношування, що дає змогу керувати ресурсом вузлів та механізмів, у яких існують прецизійні пари, зокрема ЕУ АНТ.

**У третьому розділі** проведено дослідження підвищення ресурсу аксіально-поршневого насосу через уповільнення процесів зношування робочих поверхонь, а основним напрямком дослідження є модернізація оливи та активізація її мастильних властивостей за рахунок оброблення МП. Згідно з розробленою методикою досліджено вплив навантаження, швидкості, величини та напрямлення магнітних силових ліній на оливу та інтенсивність зношування робочих поверхонь.

Зокрема виявлено, що з підвищенням величини магнітної індукції на робочій поверхні з напрямком МП S – N – S – N (рис.1,г) спостерігається значне збільшення кількості модифікаторів оливи, з яких утворюються захисні плівки, що покривають 8...12 % робочої площі поверхні в М10Г2к та

5...9% в 5W40. Це пояснюється тим, що модифікатори намагнічуються в зоні дії МП і осідають на поверхню за рахунок індукції МП, яка дорівнює 0,3 Тл. Саме тому знижується інтенсивність зношування до  $-0,0012$  мкм/км у середовищі М10Г2к та до  $-0,006$  мкм/км у 5W40.

Робочі поверхні за напрямку МП S – S – N – N (рис.1,д) характеризуються значним рівнем зношування, оскільки на них не спостерігаються складові захисних плівок, що пояснюється винесенням модифікаторів в об'єм оливи і нижчою інтенсивністю їх потрапляння в робочу зону ніж у випадку S – N – S – N напрямку. Робоча поверхня не вкрита захисними плівками та значно зношується до  $-0,007$  мкм/км у М10Г2к та до  $-0,0075$  мкм/км у 5W40.

Отже, було встановлено, що постійне МП, впливаючи на змащувальне робоче середовище, значно знижує інтенсивність зношування сталі 45 до  $-0,005$  мкм/км у направленому МП S – N (рис.1,в) та S – N – S – N напрямків (рис.1,г) унаслідок зміщення модифікаторів оливи в робочу зону та інтенсифікації її розтікання по робочій поверхні й оптимізації крайового кута змочування.

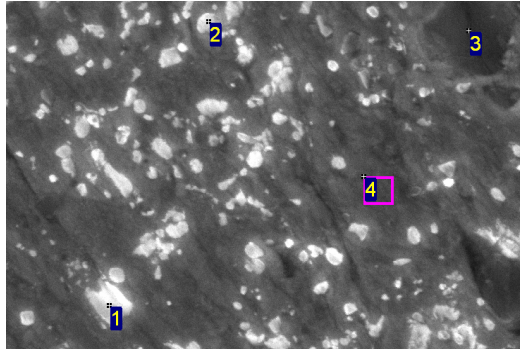
Експериментально встановлено, що параметр решітки сталі 45 без МП більший ніж при S – N – S – N напрямку МП, що свідчить про те, що решітка сталі 45 в умовах тертя в оливі, обробленій МП стає щільнішою, завдяки чому метал зміцнюється і рівень зношування знижується.

Аналогічні дослідження проведені також для сталі ШХ15 по ЛС59-1 в оливах М10Г2к та 5W40. Експерименти показали, що інтенсивність зношування сталі ШХ15 в оливі, обробленій МП (0,3 Тл) знижується унаслідок зміщення модифікаторів оливи в робочу зону, підвищення рівня кінетики розтікання оливи до  $9,5$  мм<sup>2</sup>/хв. по поверхні тертя та оптимізації кута змочування до  $2,5^\circ$ , що у свою чергу, знижує інтенсивність зношування до  $-0,0011$  мкм/км у М10Г2к та до  $-0,0015$  мкм/км у 5W40 порівняно з результатами без впливу МП, а саме:  $-0,0071$  мкм/км у М10Г2к та до  $-0,007$  мкм/км у 5W40.

Аналіз поверхні сталі ШХ15 по контртілу зі сталі 30ХГСА в середовищі мінеральної оливи М10Г2к з додаванням у її склад діамантного модифікатора міді з використанням оже-спектроскопії по поверхні контакту вказує на неоднорідне покриття робочої зони мідною складовою.

Вибір робочої пари «ферромагнетик по ферромагнетику» пояснюється умовами дослідження впливу МП S – N – S – N напрямку на діамантний нанопорошок мідь, тобто його перенесенням на робочу поверхню в середовищі мінеральної оливи М10Г2к.

Наявність міді відмічено точками 2 та 4 (рис.2), розміщеними в зоні контакту. Точки 1, 3 і 5 розташовані поза зоною контакту, вміст міді дорівнює нулю. Таким чином, мідна складова активізується в місцях нестабільного стану матеріалу.



Спектр	C	O	Mg	Si	Cx	Mn	Fe	Cu	Итог
1	0.34	3.18	5.51	0.15	1.95	1.36	80.21	7.3	100.00
2	0.65	5.43	8.49	0.37	1.59	0.00	76.46	7.1	100.00
3	0.85	41.87	0.14	29.37	0.25	1.29	26.08	0.15	100.00
4	0.76	0.00	0.00	0.48	1.14	0.60	97.02	0.00	100.00

Рисунок 2. – Поелементний склад сталі ШХ15 по сталі 30ХГСА в оливі М10Г2к з мідним модифікатором у її складі ( $\times 15000$ )

Вміст міді на глибині до 5 нанометрів становить близько 7%. Зовнішній вигляд мідного вкраплення має форму кулі, що характеризує перенесення модифікуючого мідного нанопорошку з оливи на робочу поверхню. Подальше стравлювання поверхневого шару вказує на зменшення кількості міді. На глибині утвореної захисної плівки понад 20 нанометрів елементний склад залишається на рівні сталі ШХ15.

Зміщення діамантного матеріалу під дією МП (0,3 Тл) у зону від'ємного градієнта густини магнітних ліній зумовлює насичення міддю (модифікатором) робочого середовища, що провокує осадження мідної складової на робочу поверхню. Осадження діамантного елемента міді на енергетично нестабільну частину матеріалу відбувається унаслідок деформування поверхні у процесі тертя.

Таким чином, для зміщення діамантного матеріалу в робочу зону для її насичення необхідно розмістити МП поза робочою зоною перед потоком переміщення робочого середовища.

Проведений оже-аналіз щодо наявності хімічних елементів на робочій поверхні до та після стравлювання на глибину 20 нанометрів показав, що у першому випадку на поверхні наявні модифікатори, що входять у склад оливи М10Г2к (кальцій, цинк, сірка, хлор) і напрямленою дією МП перемістилися у робочу зону, де брали участь у створенні захисних плівок. У другому випадку після стравлювання робочої поверхні тертя на глибину 20 нанометрів модифікаторів на робочій поверхні немає.

У **четвертому розділі** наведено схему модернізації системи змащення

та розроблено рекомендації щодо застосування методу підвищення проти-зносних властивостей оливи шляхом впливу МП.

Для проведених експериментів без впливу МП та без присадок в оливі інтенсивність лінійного зношування  $\gamma$  для пари ШХ15 по ЛС59-1 в М10Г2к дорівнює 0,014 мкм/км. Розрахунковий ресурс у цьому випадку становить 3150 мотогодин. Цей ресурс лише на 5 % перевищує ресурс, установлений нормативно-технічною документацією, тому результат дозволяє з високою достовірністю стверджувати, що результати, отримані під час експериментів, можна перенести і на реальний об'єкт дослідження – пару тертя «поршень-циліндр».

Вплив МП на базовий ресурс можна визначити за допомогою коефіцієнта, що розраховується за формулою:

$$k_{Ei} = \frac{\gamma}{\gamma_{Ei}},$$

де  $\gamma$  – інтенсивність лінійного зношування для експериментальної пари ШХ15 по ЛС59-1 у М10Г2к без впливу МП та присадок;  $\gamma_{Ei}$  – інтенсивність лінійного зношування для тієї самої експериментальної пари ШХ15 по ЛС59-1 у М10Г2к для конкретної ( $i$ -ї) схемі впливу МП.

Для схеми МП (S – N):

$$k_{S-N} = \frac{\gamma}{\gamma_{S-N}} = \frac{0,014}{0,0094} = 1,4894,$$

де  $\gamma_{S-N}$  – інтенсивність лінійного зношування для експериментальної пари ШХ15 по ЛС59-1 у М10Г2к для схеми МП S – N.

Для схеми МП (S – N – S – N):

$$k_{S-N-S-N} = \frac{\gamma}{\gamma_{S-N-S-N}} = \frac{0,014}{0,002} = 6,5421,$$

де  $\gamma_{S-N-S-N}$  – інтенсивність лінійного зношування для експериментальної пари ШХ15 по ЛС59-1 у М10Г2к для схеми МП S – N – S – N.

Для схеми МП (S – S – N – N):

$$k_{S-S-N-N} = \frac{\gamma}{\gamma_{S-S-N-N}} = \frac{0,014}{0,0189} = 0,7407,$$

де  $\gamma_{S-S-N-N}$  – інтенсивність лінійного зношування для експериментальної пари ШХ15 по ЛС59-1 у М10Г2к для схеми МП S – S – N – N.

Результати цих розрахунків показують, що максимальний вплив МП має за схеми S – N – S – N. Водночас за схеми МП S – S – N – N спостерігається збільшення швидкості лінійного зносу і відповідно зменшення ресурсу пари тертя.

Результати експериментів у разі застосування різних типів присадок до оливи наведено в таблиці 1.

Результати експериментів у разі застосування присадок та різних схем МП

Тип присадки	Схема МП	Інтенсивність зношування $\gamma_i$ , мкм/км
Ni	–	+0,0080
	S – N	+0,0050
	S – N – S – N	+0,0020
	S – S – N – N	+0,0090
Sn	–	+0,0070
	S – N	+0,0060
	S – N – S – N	+0,0050
	S – S – N – N	+0,0075
Cu	–	+0,0100
	S – N	+0,0110
	S – N – S – N	+0,0150
	S – S – N – N	+0,0010

Інтенсивність зношування в цій таблиці проставлено зі знаком «+» оскільки у всіх експериментах спостерігалось утворення захисних плівок на основі присадки та продуктів зношування, яка періодично руйнувалась і знову створювалась. Згідно з теорією, можна стверджувати, що коефіцієнт, який враховує вплив присадки та МП  $k_T$  у випадках, розглянутих у таблиці, можна прийняти рівним 1,4...2,2.

Унаслідок застосування магнітного оброблення оливи інтенсивність зношування поверхонь знижується. Найбільший ефект спостерігається на оливі в стані поставки, магнітне оброблення знижує інтенсивності зношування в 1,9 разу порівняно з варіантом застосування тієї ж оливи, але без магнітного оброблення. Зі збільшенням напрацювання оливи відзначений ефект дещо слабшає, проте і по закінченні терміну експлуатації оливи загальна закономірність зниження швидкості зношування зберігається. Ослаблення ефекту магнітного оброблення у міру збільшення напрацювання пояснюється деструкцією змащувального матеріалу, що призводить до зниження об'ємної концентрації полярних молекул.

Отже, унаслідок застосування магнітного оброблення оливи інтенсивність зношування робочих поверхонь знижується в 1,9 разу, відповідно ресурс збільшується:

$$R = R_0 \cdot k_T \cdot k_E \cdot k_{\text{мод}}$$

де  $R_0$  – базовий ресурс;  $k_T$  – коефіцієнт, що враховує наявність присадок в оливі;  $k_E$  – коефіцієнт, що враховує вплив МП;  $k_{\text{мод}}$  – модельний коефіцієнт

ент, що враховує різницю роботи пари «поршень-циліндр» в експериментальній установці за реальних умов.

$$R = 3150 \cdot 1,0 \cdot 6,5 \cdot 0,2 = 4095 \text{ годин.}$$

Отже, за умов найбільш оптимального впливу МП на оливу ресурс аксіально-поршневого насосу підвищується на 15...20 % порівняно із ресурсом аксіально-поршневого насосу, що встановлено нормативно-технічною документацією.

Конструктивно, з метою збільшення ресурсу системи змащення ЕУ АНТ, пропонується модернізувати її таким чином. Перед нагнітальним насосом необхідно встановити пристрій для обробки оливи постійним МП. Цей пристрій можна встановлювати безпосередньо на штуцерах нагнітального насоса або у найбільш зручних місцях трубопроводів, що підводять робочу рідину до нагнітального насоса.

Суть роботи пристрою полягає в тому, що за рахунок руху по трубопроводу, фільтрах та іншому технологічному обладнанні олива електризується, тобто отримує природній заряд, і надходить у проточну камеру. Отриманий заряд у результаті трибоелектризації підвищується під час проходження крізь фільтраційну сітку на вході та виході нагнітального насоса (відбуваються значне підвищення значення заряду та його стабілізація по всьому об'єму поперечного перерізу). Наелектризована олива зберігає заряд, потрапляючи в проточну камеру. Якщо обмотка живиться струмом від високовольтного джерела, у камері наводиться МП, силові лінії якого перетинають уже заряджену оливу. Унаслідок цього напруженість об'єднаного електричного поля створює високу електризацію оливи, зумовлює високий ступінь стабілізації заряду і достатнє його вирівнювання по всьому об'єму оливи незалежно від її швидкості. Збереженню отриманого заряду до вузла тертя сприяє ізоляційне покриття на внутрішній поверхні вихідного трубопроводу.

Конструктивно цей пристрій складається з корпусу, у якому встановлено два електромагніти один навпроти одного за схемою S – N – S – N (рис.1,г). Олива, потрапляючи у цей пристрій, уповільнює швидкість у середньому до 0,5 м/с, що достатньо для того, щоб відбулась поляризація молекул оливи та присадки, якщо вона додається до оливи. Електромагніти отримують живлення від бортової електромережі тягача. Живлення пристроїв здійснюється через автоматичне реле, яке вмикається відразу після увімкнення електроживлення спецмашини.

Таким чином, проведення модернізації системи змащення ЕУ АНТ не потребує складних монтажних-демонтажних робіт і може бути виконана фахівцями середньої кваліфікації безпосередньо на експлуатаційному підприємстві. Вносити зміни у регламент роботи водія-оператора спецмашини при цьому непотрібно.

Технічний результат від модернізації системи змащення полягає у збі-

льшенні ресурсу в передусім нагнітального насоса, а також основних пар тертя ЕУ АНТ.

## ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено важливе науково-практичне завдання – створено методи та засоби управління ресурсом ЕУ АНТ шляхом визначення характеру зміни експлуатаційних характеристик оливи під впливом постійного МП різної конфігурації.

У процесі вирішення цього завдання отримано такі результати:

1. У результаті проведеного аналізу існуючих методів управління ресурсом ЕУ АНТ визначено основні фактори, які істотно впливають на її надійність в умовах експлуатації в аеропорту. Зокрема, з'ясовано, що основною причиною, яка обмежує термін експлуатації вузлів та агрегатів системи змащення ЕУ АНТ, є низькі змащувальні властивості оливи у зоні тертя прецизійних пар, які широко використовуються в цих системах.

2. Установлено, що експлуатаційні характеристики оливи у зоні роботи прецизійних пар доцільно визначати на підставі модельних експериментів, адекватність яких до конкретних експлуатаційних умов досягається коригуванням її складових характеристик за допомогою поправкових коефіцієнтів. Для реалізації такої концепції розроблено алгоритми проведення експериментів для встановлення закономірності розподілу навантажень та особливостей мастильного режиму на робочих поверхнях прецизійних пар, що використовуються в ЕУ АНТ, залежно від умов їх експлуатації.

3. Досліджено закономірності зміни експлуатаційних властивостей оливи, що використовуються у сучасних ЕУ АНТ, у результаті яких встановлені основні фактори комплексного впливу основних фізичних факторів, які визначають швидкість зношування робочих поверхонь нагнітального насоса системи змащення ЕУ АНТ. Запропоновано методику і алгоритм розрахунків, які дозволяють визначати темпи зношування та ресурс прецизійних пар. Розроблено метод визначення залежності зміни технічного стану прецизійних пар «поршень-циліндр» нагнітального насоса системи змащення ЕУ АНТ від часу її напрацювання та параметрів магнітно-го оброблення оливи.

4. Розроблено метод визначення характеристик процесу зміни експлуатаційних властивостей оливи, що використовуються у системі змащення ЕУ АНТ. Зокрема, встановлено залежності зміни напрацювання до граничного стану прецизійної пари «поршень-циліндр» нагнітального насоса системи змащення ЕУ АНТ залежно від технології оброблення оливи МП та наявності в оливі різних типів присадок. Визначено кількісну характеристику процесу природної втрати оливою частини своєї мастильної властивості за час роботи у системі змащення ЕУ АНТ та встановлено аналі-



тичну залежність зростання зносу прецизійних пар при цьому. Уперше встановлено залежності між енергетичним зарядом оливи та зносом робочих поверхонь прецизійної пари. Доведено, що методом уповільнення згаданого процесу є магнітне оброблення оливи, унаслідок чого:

– зростає адсорбційний потенціал оливи відносно поверхонь пари тертя: залежно від часу оброблення оливи коефіцієнт її змочування збільшується у 1,5...2,6 разу;

– зменшується швидкість зношування прецизійної пари тертя: величина зменшення залежить від ступеня напрацювання оливи та напрямку впливу МП і коливається у межах 1,4...1,9 разу.

5. Удосконалено метод визначення ресурсу нагнітального насоса системи змащення ЕУ АНТ, відповідно до якого основним фактором впливу на інтенсивність зношування у процесі експлуатації розглядається поточний стан мастильної властивості оливи. Підвищення мастильної властивості залежить від тривалості експлуатації та структурного стану оливи.

6. Обґрунтовано технологію модернізації системи змащення ЕУ безводильного аеродромного тягача КТА-ТБ80В шляхом монтажу в існуючу конструкцію системи змащування пристрою для оброблення оливи постійним МП. Така модернізація системи змащення збільшує ресурс ЕУ, в процесі експлуатації на 15 %, оскільки знос прецизійних пар знижується менше ніж в 1,9 разу.

7. Результати роботи взяті до використання у ВАТ «ТЕМП» (м. Хмельницький та впроваджені в навчальний процес кафедри Технологій аеропортів Національного авіаційного університету при підготовці фахівців у галузі технічної експлуатації АНТ та обладнання аеропортів.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

**Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав з напрямку та виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз даних**

1. Sviryd M. Friction surface renewal by magnetic field impact on diamagnetic modified in diamagnetic working environment [Text] / M. Sviryd, L. Pryimak, I. Trofimov // Politechnika rzeszowska. – monografia. – Systems and means of motor transport, 2014. – №5 – С. 121-126

2. Свирид М.Н. Энергетические аспекты взаимодействия масла с магнитным полем [Текст] / М.Н. Свирид, Л.Б. Приймак, И.Л. Трофимов // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2013. – №7. – С. 24-29.

3. Свирид М.Н., Е. Вайс, Приймак Л.Б., Бородий В.Н., Якобчук А.Е. Повышение эксплуатационных параметров прецизионных пар трения в магнитном поле [Текст] / М.Н.Свирид, Е. Вайс, Л.Б.Приймак, В.Н. Бородий, А.Е. Якобчук // Порошковая металлургия. – 2013. – № 7/8. – С. 68-76.

4. Свирид М.М. Механізм відновлення поверхні тертя дією магнітного поля на робоче середовище модифіковане діаманетиком [Текст] / М.М. Свирид, І.Л. Трофімов, Л.Б. Приймак, В.Г. Паращанов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №4/5 (064). – С. 24-27.

#### **Статті в наукових фахових виданнях**

5. Salimov R. Research of methods to increase the hydraulic system aggregates resource of aviation ground equipment [Text] / R. Salimov, L. Pryimak // Наукоємні технології. – 2014. – №3(23). – С. 315-319.

6. Свирид М.М. Трибологічні характеристики пар тертя у робочих середовищах оброблених магнітним полем [Текст] / М.М. Свирид, Л.Б. Приймак, С.О. Грищенко, А.Ф. Коломієць, А.О. Плотніков // Проблеми трибології. – 2013. – №1. – С. 70-73.

7. Свирид М.Н. Трибологические параметры сталей в обработанных магнитным полем смазывающих материалах [Текст] / М.Н. Свирид, А.П. Кудрин, Л.Б. Приймак // Проблеми трибології. – 2012. – №1. – С. 22-24.

8. Свирид М.Н. Использование ХАДО-присадок при трибомагнитном восстановлении [Текст] / М.Н. Свирид, А.П. Кудрин, Л.Б. Приймак // Вісник Хмельницького Національного Університету. – 2011. – №6 – С. 122-125.

9. Приймак Л.Б. Методика дослідження властивостей мастил в магнітному полі [Текст] / Л.Б. Приймак // Проблеми трибології. – 2010. – №4. – С. 122-125.

10. Свирид М.Н. Исследование трибологических характеристик конструкционных сталей в среде полиэтиленгликоля под действием магнитного поля [Текст] / М.Н. Свирид, И.А. Кравець, Г.А. Волосович, С.Н. Заднепровская, Л.Б. Приймак // Проблеми трибології. – 2010. – №2 (56). – С. 25-29.

11. Свирид М.Н. Влияние энергетического импульса на условия трибоэлектрохимического восстановления [Текст] / М.Н. Свирид, И.А. Кравець, Г.А. Волосович, В.Н. Бородий, Л.Б. Приймак // Проблеми тертя та зношування: зб. наук. праць. – К.: НАУ «друк», 2010. – Вип.54.– С.135-143

12. Свирид М.М. Умови утворення сервовитної плівки під дією магнітного поля [Текст] / М.М. Свирид, І.А. Кравець, Г.А. Волосович, Л.Б. Приймак, С.М. Занько // Машинознавство. – 2010. – №8 (158). – С. 28-34.

13. Свирид М.М. Енергетична концепція стабілізації стану трибосистем [Текст] / М.М. Свирид, І.А. Кравець, С.М. Занько, В.Г. Паращанов, Л.Б. Приймак // Проблеми трибології. – 2008. – №4 (50). – С. 13-18.

14. Свирид М.М. Вплив магнітного поля на моніторинг перетворень топографії поверхонь під час тертя без змащування [Текст] / М.М. Свирид, С.М. Занько, Л.С. Братиця, Л.Б. Приймак, О.Л. Шевченко // Проблеми тертя та зношування: Науково-технічний збірник. – К.: НАУ, 2008. – Вип.49.Том1.– С.44-51.

15. Свирид М.М. Мониторинг трибологических характеристик в полиэтиленгликоле [Текст] / М.М. Свирид, В.Г. Паращанов, Л.Б. Приймак, О.Л. Шевченко // Проблеми тертя та зношування: Науково-технічний збірник. – К.: НАУ, 2007. – Вип.48.– С.111-117.

### **Патенти**

16. Свирид М.М., Занько С.М., Задніпровська С.М., Паращанов В.Г., Приймак Л.Б. Пристрій для дослідження матеріалів на тертя та зношування // Пат. № 36600 Україна, G01N 3/56; Заявка u200809663, 23.07.2008; Опубл. 27.10.2008, Бюл. № 20. – 3 с.

17. Свирид М.М., Кудрін А.П., Кравець І.А., Приймак Л.Б., Бородій В.М. Пристрій для дослідження поверхонь тертя в постійному рівномірному та нерівномірному магнітному полі // Пат. № 70877 Україна, G01N 3/56; Заявка u201115161, 21.12.2011; Опубл.25.06.2012, Бюл. № 12 – 5 с.

18. Свирид М.М., Кудрін А.П., Кравець І.А., Приймак Л.Б., Бородій В.М. Спосіб відновлення поверхні тертя постійним рівномірним та нерівномірним магнітним полем // Пат. № 70878 Україна, G01N 3/56 F16S33/14; Заявка u201115162, 21.12.2011; Опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12. – 5 с.

19. Свирид М.М., Кудрін А.П., Кравець І.А., Приймак Л.Б., Якобчук В.М. Пристрій для оцінки енергоінформаційного стану рідиннофазних вуглецевих матеріалів у магнітному полі // Пат. № 81368 Україна, А61В 5/05; Заявка u2013 00894, 25.01.2013; Опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. – 4 с.

20. Свирид М.М., Кравець І.А., Кравець І.А., Луб'яний В.В., Приймак Л.Б., Паращанов В.Г. Спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідиннофазних вуглецевих матеріалів у магнітному полі // Пат. Україна, № 81368, А61В 5/05; Заявка u2013 00895, 25.01.2013; Опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. – 4 с.

### **Опубліковані праці апробаційного характеру**

21. АВІА-2013: XI міжнародна науково-технічної конференція, 21-23 травня 2013 р.: Свирид М.М., Волосович Г.А., Приймак Л.Б., Вплив магнітного поля на енергетичний стан оливи. – К.: Вид-во Нац. Авіац. Ун-ту «НАУ-друк», 2013 – Т. III. – С. 15.13-15.17

22. Проблеми хімотології: IV міжнародна науково-технічна конференція, 24-28 вересня 2012р.: Свирид М.М., Кудрін А.П., Приймак Л.Б., Бородій В.М. Зміна стану трибосистеми в мастилі, обробленому магнітним полем. – К.: 2012. – С.379-382.

23. AVIATION IN THE XXI-ST Century, Safety In Aviation And Space Technologies: V world congress, September 25-27, 2012.: Kudrin A.P., Svirid

M.N., Pryimak L.B. Renewal tribomagnetic mechanism with paramagnetic modifier using. – К.: 2012. – P.1.4.1.-1.4.4.

24. ПОЛИТ-2012 Modern Aviation Technologies: XII міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених, 4-5 квітня 2012р.: Приймак Л.Б. Steel 2 wearproofness in treated by the magnetic field lubricating environments. – К.: 2012. – С.121.

25. АВІА-2011: X міжнародна науково-технічної конференція, 19-21 квітня 2011 р.: Свирид М.М., Приймак Л.Б., Якобчук О.С., Бородій В.М., Чехівський В.Е. Вплив модульного електричного сигналу на трибологічні параметри поверхні. – К.: Вид-во Нац. Авіац. Ун-ту «НАУ-друк», 2011 – Т. II. – С. 12.52-12.55.

26. IV Letnia Szkola Inzenerii Powierzchni: міжнародна науково-технічна конференція, 7 жовтня 2010р.: Wais E., Svirid M.N., Pryimak L.B. Research of steel-brass friction pair tribological characteristics in magnetic field. – Польща.: 2010. – С. 113-121.

## АНОТАЦІЯ

**Приймак Л.Б. Підвищення ресурсу прецизійних пар енергетичних установок авіаційної наземної техніки шляхом модернізації систем змащення.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Національний авіаційний університет, Київ, 2016.

Метою роботи є вирішення науково-практичного завдання підвищення ресурсу аксіально-поршневих насосів ЕУ АНТ за рахунок застосування раціональних конструктивних параметрів системи змащення та поліпшення експлуатаційних властивостей оливи шляхом впливу магнітного поля.

У дисертації запропоновано заходи щодо підвищення ефективності роботи системи змащення аксіально-поршневих насосів, що сприяє підвищенню ресурсу ЕУ АНТ.

Теоретично та експериментально доведено доцільність запропонованих заходів щодо модернізації системи змащення аксіально-поршневих насосів та використання впливу магнітного поля. При використанні запропонованої системи змащення ресурс аксіально-поршневих насосів зростає на 15...20 %.

Результати роботи впроваджено у виробництво ВАТ «ТЕМП» (м. Хмельницький) та у навчальному процесі кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету.

**Ключові слова:** аксіально-поршневий насос, система змащення, ресурс, енергетична установка, авіаційна наземна техніка, зношування, інтенсивність зношування, олива, магнітна обробка.

## АННОТАЦИЯ

**Приймак Л.Б. Повышение ресурса прецизионных пар энергетических установок авиационной наземной техники путем модернизации систем смазки. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – Эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Национальный авиационный университет, Киев, 2016.

Диссертационная работа посвящена решению актуального научно-прикладного задания – созданию и усовершенствованию методов и способов управления ресурсом энергетических установок авиационной наземной техники путем улучшения эксплуатационных свойств масла под действием магнитного поля.

Уровень технического состояния энергетической установки в значительной степени определяется состоянием аксиально-поршневого насоса, недостаточный ресурс которого является причиной внеплановых ремонтов и снижения уровня технической готовности авиационной наземной техники.

Теоретические исследования интенсивности износных явлений на поверхностях трения аксиально-поршневого насоса проведены в два этапа. На первом этапе составлена общая физико-математическая модель износа аксиально-поршневого насоса, построенная с учетом влияния на этот процесс группы из четырех факторов. Исследовалась качественная составляющая средств повышения ресурса аксиально-поршневого насоса, что позволяет получить относительную оценку эффективности выбранных средств для улучшения эксплуатационных свойств масла.

Согласно разработанной методике оценки ресурса аксиально-поршневого насоса последовательно исследуются интенсивность и направление влияния магнитного поля, определяются коэффициенты трения при модернизации масла магнитным полем. На их основе рассчитаны предварительные, относительные показатели интенсивности износа материалов пары трения аксиально-поршневого насоса.

Количественная оценка эффективности выбранного направления повышения ресурса определяется на этапе исследования с применением физической модели пары трения. Этому посвящен третий раздел работы, в котором последовательно уточняется масштаб влияния на процесс изнашивания аксиально-поршневого насоса того или иного фактора, выводятся зависимости темпов износа от интенсивности и продолжительности влияния магнитного поля и работы масла в системе смазки. Экспериментальные исследования включали в себя изучение смачивающих свойств масла и определение интенсивности и уровня изнашивания физической модели пары трения аксиально-поршневого насоса. Проводилось сравнение этих параметров при использовании масла, подвергнутого магнитной обработке и масла без обработки.

Заключительный этап работы посвящен описанию системы смазки аксиально-поршневого насоса после модернизации, составлению методики и расчету прогноза ресурса аксиально-поршневого насоса. Установлено, что в результате модернизации системы смазки ресурс аксиально-поршневого насоса возрастает в среднем на 15...20 %.

Результаты работы внедрены в производство ОАО «ТЕМП» (г. Хмельницкий) и учебный процесс кафедры технологий аэропортов Национального авиационного университета.

**Ключевые слова:** аксиально-поршневой насос, система смазки, ресурс, энергетическая установка, авиационная наземная техника, изнашивание, интенсивность изнашивания, масло, магнитная обработка.

### ABSTRACT

**Priymak L.B. Aircraft ground equipment power stations precision pairs resource increase by lubrication systems modernization.** – Manuscript.

Thesis for a candidate degree in technical sciences by specialty 05.22.20 – Performance and maintenance of transport means – The National Aviation University, Kyiv, 2016.

The purpose of work is the solution of a scientific and practical task of increase of a resource of aircraft ground equipment power stations (AGE PS) axial and plunger pumps (APP) due to use of rational design data of lubrication systems and improvement of operational properties of the oil by influence of a magnetic field.

In the dissertation it is offered actions for improvement of an efficiency of the lubrication system operation of APP that promotes increase of AGE PS resource.

Theoretically and experimentally proved expediency of the offered actions for modernization of APP lubrication system and magnetic field influence use. Offered lubrication system using rises the APP resource because APP working surfaces wear decreases on 1,9 times and resources arise on 15...20 %.

Results of work are introduced in press equipment mechanisms on plant «ТЕМП» (Khmelnysky) and scientific process of the airports department at National aviation university.

**Keywords:** axial and plunger pump, lubrication system, resource, power station, aircraft ground equipment, wear, wear intensity, oil, magnetic treat.

Підписано до друку 28.01.16. Зам. №28-01(1)/16.  
Формат 60x84/16. Обл. вид. арк. 1,17. Наклад 120 прим.  
Друк «НВФ «Славутич-Дельфін».  
пр-т Космонавта Комарова, 1.  
Тел./факс: 406-74-41